中華農業研究(J. Agric. Res. China) 52:238~246 (2003)

玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關[1]

謝光照[2,5]　曹文隆[2]　吳慧茹[3]　盧煌勝[4]

摘　要

謝光照、曹文隆、吳慧茹、盧煌勝。2003。玉米幼苗乾物累積重與銨同化酵素活性間之相關。中華農業研究 52:238-246。

本試驗以玉米自交系和單雜交種各四個爲材料，於溫室環境下，利用細砂爲栽培介質，並於玉米不同株齡期進行 50 mM NH_4^+溶液連續澆灌 18 天後，調查幼苗乾物累積重與其銨同化酵素活性之表現。結果顯示 GS (glutamine synthetase)活性、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重和地上部／根部比值呈現隨株齡之增大而增加之趨勢。基因型間乾物質之累積量以 TA85-17×H95 最大，其次爲 A661，最小者爲 ICAL210 及 TA85-17。相關分析顯示地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重、地上部／根部比值及 GS 活性與株齡間呈極顯著正相關；而 GDH(glutamate dehydrogenase)活性及蛋白質含量與株齡間呈現顯著負相關，即表示 GDH 活性及蛋白質含量隨著株齡增大而遞減。GS、GOGAT(glutamate synthase)和 GDH 之間及其與乾物累積重間無相關性存在。蛋白質含量與 GDH 活性間爲顯著正相關；而蛋白質含量則與地上部乾物累積重、根部乾物累積重及整株乾物累積重間呈極顯著負相關。

關鍵詞：玉米、銨、幼苗乾物累積重、銨同化酵素、相關。

前　言

氮肥爲影響作物生產的主要因子之一，同時對地下水的水質也會影響。土壤中有效性氮大多以 NO_3^--N 型式爲作物吸收及利用，由於 NO_3^-不易爲土壤粒子所吸附，故常溶解於水中而進入地下水內，造成 NO_3^--N 對地下水的汙染日漸嚴重。當硝化抑制劑能提高其抑制效率且能用於氮肥之利用管理時，無疑的 NH_4^+-N 肥利用於作物的生產將更加重要，同時可減少氮肥對地下水的汙染。

Wu 等學者(1998)利用 11 個玉米自交系爲材料進行銨的吸收速率與幼苗乾物重間相關之研究，顯示 11 個不同的基因型間對 NH_4^+的吸收速率與銨同化酵素活性存在明顯的差異，而銨的吸收速率與幼苗乾物重間則無顯著相關性存在。

---

1. 行政院農業委員會農業試所研究報告第 2166 號。接受日期：92 年 07 月 24 日。
2. 本所農藝組副研究員、助理研究員。臺灣省　臺中縣　霧峰鄉。
3. 國立台灣大學植物學系助理。臺北市。
4. 本所前農藝組研究員，現任苗栗區農業改良場場長。臺灣省　苗栗縣。
5. 通訊作者，電子郵件：x486045@Wufeng.tari.gov.tw；傳真機：(04)23302806。

玉米植株對於 NH_4^+-N 與 NO_3^--N 均能加以吸收，但其利用的代謝效率兩者之間卻有所差異；在蛋白質的合成代謝上 NH_4^+-N 的利用效率高於 NO_3^--N 的利用效率(Schrader *et al.*1972)；而栽培於 NH_4^+-N 者比栽培於 NO_3^--N 者其植物組織中可累積較高濃度之氮量 (Handa *et al.*1984)。Friedrich 等學者(1979)、Friedrich & Schrader(1979)報告均指出玉米植株在吐絲期以後所吸收的 NO_3^--N 可能不被利用於籽粒的充實；而 Pan 等學者 (1984)研究指出若干多穗型(prolific)的玉米品種在籽粒發育期間並不吸收 NO_3^--N。雖然 NH_4^+比 NO_3^-具有較高的代謝效率，但高濃度的 NH_4^+當作氮肥時，可能會對碳的利用產生逆境(carbon stress)，因而限制植株的生長與發育，此乃因爲少量的 NH_4^+在植物組織中累積，即會造成毒害作用 (Anderson & Done 1977；Pan *et al.* 1984)，而且在高銨濃度下之玉米根系，大部分由光合作用而來的碳骨架(carbon skeleton)被分流而轉用於 NH_4^+-N 的同化路徑，並藉由 glutamate synthase (GOGAT) / glutamine synthetase(GS)和 glutamate dehydrogenase(GDH)的催化使 NH_4^+-N 合成有機態的氮化合物(例如氨基酸及蛋白質)。Reisenauer(1978)、Tills & Alloway(1981)報告均指出植株生長在高濃度的銨下，其組織中會累積較多的 asparagine 和 glutamine。

目前的證據顯示 NH_4^+-N 肥用於作物的生產比 NO_3^- N 具有較高的利用效率，但現有的玉米雜交種在高 NH_4^+-N 肥下栽培時其產量的表現未必最佳；主要係因目前的育種計畫及選種皆在 NO_3^--N 佔優勢的環境下進行，不利於對 NH_4^+-N 具有高利用效率性狀與基因型的選留。因此要育成在 NH_4^+-N 環境下有高產量的雜交種，首先須對玉米的遺傳質進行鑑別其耐銨性程度，並評估銨同化酵素之活性與其乾物重間之相關性，以作爲耐銨性遺傳研究和育種選拔之參考。

材料與方法

本試驗於溫室中，以玉米自交系 A661、H95、ICAL210、TA85-17(Wu et al. 1998)及單雜交種 H95×PH9、TA85-17×H95、ICAL210×A661、TA85-17×ICAL210 等八種基因型爲材料，細砂爲栽培介質，每基因型每重複播兩盆。每盆播 5 粒種子，然後選留較整齊一致的 3 株爲樣品。株齡分-2 (剛播種)、0 (剛出土，但葉片未展開)、2 葉齡(2 片葉子完全展開)及 4 葉齡(4 片葉子完全展開)等四種。並於澆灌銨液前每一基因型，每種葉齡、每重複先清洗一盆(三株)作爲未處理前之生長量數據，然後再進行銨溶液之處理。每天每盆(高 17.5 ×直徑 12.8cm)澆 500ml 經修改過的 Hoagland 營養液，其成分包括 50 mM $(NH_4^+)_2$ SO_4、2.5 mM K_2SO_4、4.0 mM $MgSO_4$、1.0 mM KH_2PO_4、1.1 mM $CaCl_2$•$2H_2O$、23 μM H_3BO_3、46 μM $MnSO_4$、15 μM $ZnSO_4$、16 μM $CuSO_4$•$5H_2O$、0.8 μM $Na_2M_0O_4$ 和 100 μM Fe-EDTA (Handa et al. 1984)。以 KOH 調整其 pH 值至 6.5。經澆灌 18 天後，再進行清洗根系，每一重複每一株齡的每一基因型各取 0.3g 的根，放入液態氮中極速冷凍，以作爲分析銨同化酵素活性之用，其餘部分的地上部及根部則以 70℃之溫度進行烘 24hr 後，分別稱其地上部及根部之乾物累積重。銨同化酵素係由根淬取(Handa *et al.* 1985)，然後分析 GDH (Wallace 1973)，GOGAT(Dougall 1974)和 GS (Kanomori & Matsumoto 1972)等酵素之活性。蛋白質之定量係採用 Bradford (1976)之方法進行之。

各基因型於不同株齡期以 50 mM NH_4^+處理後所獲得銨同化酵素之活性與處理後所增加之乾物重(處理後之乾物重－處理前之乾重)等數據，依裂區設計，株齡爲主區，基因型爲副區，三重複，進行變方分析、平均值顯著性比較與性狀間之相關係數分析。

結　　果

變方分析與平均值之比較

本試驗以四個玉米自交系及四個單雜交種爲材料，利用細砂爲栽培介質，於玉米不同株齡期進行 50mM NH_4^+溶液處理，經連續澆灌 18 天後，清洗前調查其生育情形，在-2 葉齡期(剛播種)即刻澆灌 50 mM NH_4^+，經 18 天後，植株長至 4 葉齡期；而 0 葉齡期(剛出土，但葉子未展開)經 18 天後則長至

5葉齡期；在2葉齡期，經處理18天後，植株長至6-7葉齡期；而在4葉齡期處理者經18天後則長至9-10葉齡期。在0至4葉齡期內，耐銨性較佳與不耐的基因型間，其植株生長量及高度呈現明顯的差異；但在-2葉齡期內，基因型間之差異不很明顯。

銨同化酵素GS、GOGAT、GDH、蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重、地上部／根部比值等性狀變方分析之結果，顯示在基因型間、株齡間、株齡×基因型間之交感作用均表現極顯著差異(表1)。由其平均值比較，則可看出GS活性呈現隨株齡期之增大而增加；而GOGAT、GDH之活性在株齡間則沒有規律可言，以-2葉齡期處理者最大，其次為4葉齡期處理者，最低者為2葉齡期處理者。蛋白質含量之平均值，以-2葉齡期處理者最大，其次為2葉齡期處理者，最小者為0葉齡期處理者。地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部之比值皆呈現隨株齡之增加而增大之趨勢(表2)。而由基因型之平均值加以比較，可看出在GS的活性方面，以TA85-17×H95最高，其次為A661，再其次為H95，最低者為TA85-17×ICAL210；就GDH的

表1. 玉米不同株齡與基因型在50 mM銨濃度處理18天後其幼苗乾物累積重與銨同化酵素等性狀變方分析之均方值

Table 1. The mean squares from ANOVA for dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities, after 18 days supplemented with 50 mM NH_4^+ at different plant stages of maize seedling

Source	DF	GS activity	GDH activity	GOGAT activity	Protein content	Dry weight Shoot	Dry weight Root	Dry weight Total	Shoot/root ratio
Plant stage(P)	3	0.01294**[z]	0.13197**	0.00307**	15.47506**	430.00374**	7.66523**	570.80604**	35.39593**
Block/plant stage	8	0.00027	0.04443	0.00036	0.17551	0.64068	0.01203	0.39442	1.04729
Genotype(G)	7	0.00456**	0.02505**	0.00364**	1.77748**	35.34464**	0.79565**	45.17167**	5.47664**
P×G	21	0.00160**	0.02765**	0.00396**	0.72326**	12.91916**	0.22354**	15.18719**	6.31672**
E(b)	56	0.00016	0.00453	0.00038	0.23635	0.22952	0.02570	0.18366	0.34524

[z] ** Significantly different at 0.01 probability level, based on the analysis of variance.

表2. 玉米不同株齡與基因型在50 mM銨濃度下處理18天後幼苗乾物累積重與銨同化酵素等性狀之平均值

Table 2. The mean values of dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities, after 18 days supplemented with 50 mM NH_4^+ at different plant stages and genotypes in maize seedlings

Source	GS activity (μmole/min/g fw)	GDH activity (μmole/min/g fw)	GOGAT activity (μmole NDA⁺/min/g fw)	Protein content (mg/g fw)	Dry weight (g/3 plants) Shoot	Dry weight (g/3 plants) Root	Dry weight (g/3 plants) Total	Shoot/root ratio
Plant stange of treatment[z]								
-2	0.0359	0.4781	0.0886	4.214	0.8104	0.2058	1.0188	4.048
0	0.0500	0.3449	0.0737	2.571	2.8779	0.2821	3.4600	5.315
2	0.0808	0.3058	0.0617	3.850	3.0187	0.5671	3.5838	5.662
4	0.0829	0.3611	0.0800	2.775	10.4571	1.5271	12.1508	6.972
$LSD_{0.05}$	0.0134	0.0592	0.0144	0.335	0.6002	0.0855	0.4787	0.785
Genotype								
A661	0.0801	0.3628	0.0644	3.0309	5.6975	0.8842	6.5817	5.520
H95	0.0768	0.2989	0.0884	2.7828	4.9308	0.9000	5.8333	4.838
H95×PH9	0.0648	0.3385	0.0706	2.9832	4.8283	0.6967	5.5275	6.252
TA85-17×H95	0.0864	0.3660	0.0878	3.4542	7.0725	1.1042	8.1767	6.077
ICAL210	0.0498	0.3719	0.0541	3.3583	1.8642	0.2492	2.1133	6.234
TA85-17	0.0380	0.4393	0.1044	3.6293	2.6067	0.5708	3.1733	4.526
ICAL210×A661	0.0689	0.3713	0.0813	3.7878	4.2525	0.7483	5.0842	4.880
TA85-17×ICAL210	0.0347	0.4313	0.0573	3.7952	3.0759	0.6108	3.9367	5.190
$LSD_{0.05}$	0.0104	0.0550	0.0161	0.3976	0.3918	0.1311	0.3505	0.480

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leavies stage; 4: four leavies stage.

活性而言，以 TA85-17 及 TA85-17×ICAL210 較高，其次爲 ICAL210，最低者爲 H95；就 GOGAT 的活性而言，以 TA85-17 最大，其次爲 H95 和 TA85-17 ×H95，最小者爲 TA85-17 ×ICAL210；就蛋白質含量而言，以 ICAL210×A661 和 TA85-17×ICAL210 最大，最小者爲 H95；就地上部乾物累積重的表現，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 A661，最小者爲 ICAL210；根部乾物累積重的表現，則以 TA85-17×H95 最大，其次是 H95 及 A661，最小者爲 ICAL210；整株乾物累積重的表現，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 A661 及 H95，最小者爲 ICAL210；地上部與根部之比値則以 H95×PH9、ICAL210、TA85-17×H95 三者最大，最小者爲 TA85-17(表 2)。

不同株齡期玉米幼苗各基因型之乾物重與銨同化酵素活性之平均值

不同株齡期玉米幼苗在 50 mM NH_4^+溶液處理 18 天後，各基因型之乾物重與銨同化酵素等性狀之平均値列於表 3，由其結果知不同的基因型間存在者極顯著的變異。而各株齡期玉米幼苗之乾物累積重與銨同化酵素活性之最大值與最小値之基因型列於表 4，就 GS 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；而 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17；在 2 葉齡期處理者，則以 ICAL210×A661 最大，其次爲 H95×PH9，最小者爲 H95 和 TA85-17×H95。在 4 葉齡期處理者，以 H95 爲最大，最小者爲 TA85-17。就 GDH 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 H95×PH9；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 最大，最小者爲 H95；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17 最大， 而 H95 最小；而 4 葉齡期處理者，則

以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就 GOGAT 的活性而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 A661 最大，其次爲 ICAL210 和 TA85-17，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17 最大，最小者爲 ICAL210 及 A661；在 4 葉齡期處理者，則以 H95 及 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就蛋白質含量而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 ICAL210×A661 最大，較小者爲 A661 和 H95；在 2 葉齡期處理者，以 ICAL210×A661 和 TA85-17 最大，最小者爲 H95；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17 表現出最大值，最小者爲 H95×PH9。就地上部乾物累積重之表現而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，則以 H95 最大，其次爲 A661，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就根部乾物累積重而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×ICAL210 和 A661 最大，最小者爲 ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 ICAL210×A661 最大，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，則以 TA85-17 ×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就整株乾物累積重而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 及 ICAL210×A661 最大，最小者爲 ICAL210；0 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，其次爲 ICAL210×A661，最小者爲 ICAL210；在 2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210；在 4 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 ICAL210。就地上部／根部比値而言:在-2 葉齡期處理者，以 TA85-17×H95 最大，最小者爲 TA85-17×ICAL210；在 0 葉齡期處理者，以 H95×PH9 最大，最小者爲 ICAL210×A661 及 H95；在 2 葉齡期處理者，以 ICAL210 最大，最小者爲 ICAL210×A661；在 4 葉齡期處理者，則以 ICAL210 最大，最小者爲 TA85-17。

性狀間之相關係數

由性狀間之相關係數(表 5)，可看出株齡與 GS、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比值間均達顯著正相關；而株齡與 GDH、蛋白質含量間則爲顯著負相關；株齡與 GOGAT 間則無相關性存在。GS 與 GDH、GOGAT、蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比値間則無相關性存在。GDH 與 GOGAT、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地上部／根部比値間則無相關性存在。而 GDH 與蛋白質含量間呈顯著正相關。GOGAT 與蛋白質含量、地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重及地

表 3. 不同株齡期幼苗在 50mM NH_4^+濃度處理 18 天後各基因型之乾物累積重與銨同化酵素等性狀之平均值

Table 3. The mean values for dry weight accumulation and ammonium assimilation enzyme activities of genotypes at different plant stages of maize seedlings

Plant stage[z] of treatment	A661	H95	H95 × PH9	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17	ICAL210 × A661	TA85-17 × ICAL210	
				GS activity (μ mole/min/g fw)					
-2	0.044	0.049	0.012	0.052	0.044	0.040	0.030	0.017	$LSD_{0.05}{}^{y}$=0.021
0	0.064	0.056	0.072	0.090	0.036	0.012	0.054	0.015	
2	0.093	0.068	0.095	0.068	0.072	0.077	0.104	0.070	
4	0.120	0.134	0.080	0.135	0.047	0.023	0.088	0.036	
				GDH activity (μ mole/min/g fw)					
-2	0.389	0.494	0.298	0.604	0.515	0.550	0.455	0.498	$LSD_{0.05}$=0.110
0	0.348	0.179	0.417	0.191	0.406	0.421	0.324	0.477	
2	0.371	0.170	0.344	0.188	0.334	0.424	0.335	0.280	
4	0.343	0.351	0.298	0.481	0.233	0.341	0.371	0.380	
				GOGAT activity (μ mole NAD+/min/g fw)					
-2	0.065	0.101	0.119	0.130	0.050	0.096	0.097	0.051	$LSD_{0.05}$=0.032
0	0.124	0.087	0.032	0.028	0.110	0.111	0.080	0.018	
2	0.026	0.038	0.087	0.075	0.024	0.126	0.056	0.064	
4	0.043	0.127	0.044	0.121	0.032	0.085	0.092	0.097	
				Protein content (mg/g fw)					
-2	4.258	3.926	3.927	4.882	4.258	3.500	3.935	5.034	$LSD_{0.05}$=0.795
0	1.854	1.703	2.570	2.264	2.683	2.848	3.302	3.349	
2	3.774	2.936	3.761	3.678	3.621	4.376	4.577	4.075	
4	2.238	2.565	1.675	2.993	2.871	3.794	3.337	2.722	
				Shoot dry weight (g/3 plants)					
-2	1.04	0.62	0.78	1.24	0.34	0.77	1.15	0.55	$LSD_{0.05}$=0.78
0	3.46	2.48	3.81	3.96	1.12	1.79	3.60	2.82	
2	3.82	3.99	3.50	3.60	1.28	2.24	2.66	2.07	
4	14.47	12.64	11.21	18.50	4.72	5.64	9.61	7.87	
				Root dry weight (g/3 plants)					
-2	0.27	0.14	0.22	0.18	0.13	0.18	0.23	0.28	$LSD_{0.05}$=0.26
0	0.75	0.64	0.51	0.76	0.22	0.40	0.93	0.44	
2	0.70	0.76	0.53	1.02	0.19	0.47	0.57	0.31	
4	1.82	2.06	1.53	2.46	0.46	1.23	1.60	1.41	
				Total dry weight (g/3 plants)					
-2	1.31	0.76	1.01	1.41	0.47	0.95	1.38	0.84	$LSD_{0.05}$=0.70
0	4.21	3.12	4.32	4.72	1.33	2.19	4.53	3.26	
2	4.52	4.74	4.03	5.62	1.47	2.69	3.22	2.37	
4	16.29	14.70	12.74	20.96	5.18	6.86	11.20	9.28	
				Shoot/root ratio					
-2	3.80	4.35	3.51	7.03	2.54	4.28	4.93	1.95	$LSD_{0.05}$=0.96
0	4.63	3.84	7.48	5.24	5.14	4.44	3.87	6.44	
2	5.61	5.27	6.64	4.47	7.06	4.78	4.71	6.79	
4	8.05	6.29	7.37	7.57	10.28	4.61	6.02	5.59	

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leaf stage; 4: four leaf stage.

上部／根部比值間均無相關性存在。蛋白質含量與地上部乾物累積重、根部乾物累積重、整株乾物累積重間呈極顯著負相關；而蛋白質含量與地上部／根部比值間則無相關性存在。地上部乾物累積重與根部乾物累積重、整株乾物累積重間爲極顯著正相關；而地上部乾物累積重與地上部／根部比值間則爲顯著正相關。根部乾物累積重與整株乾物累積重間爲極顯著正相關；而根部乾物累積重與地上部／根部比值間則無相關性存在。整株乾物累積重與地上部／根部比值間爲顯著正相關。

表 4. 不同株齡期玉米幼苗在 50 mM NH_4^+ 濃度處理 18 天後各性狀之表現最小及最大值之基因型

Table 4. The genotypes of minimum and maximum for each character at different plant stages of maize seedling

Plant stage[z] of treatment	GS activity		GDH activity		GOGAT activity		Protein content	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
-2	H95 × PH9	TA85-17 × H95	A661	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17	TA85-17 × ICAL210
0	TA85-17	TA85-17 × H95	H95	TA85-17 × ICAL210	TA85-17 × ICAL210	A661	H95	TA85-17 × ICAL210
2	H95 TA85-17 × H95	ICAL210 × A661	H95	TA85-17	ICAL210	TA85-17	H95	ICAL210 × A611
4	TA85-17	H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	H95	H95 × PH9	TA85-17

Plant stage of treatment	Shoot dry weight		Root dry weight		Total dry weight		Shoot/root ratio	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
-2	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × ICAL210	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17 × ICAL210	TA85-17 × H95
0	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	ICAL210 × A661	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210 × A661	H95 × PH9
2	ICAL210	H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17 × H95	ICAL210
4	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	ICAL210	TA85-17 × H95	TA85-17	ICAL210

[z] -2: stage of seeds sown; 0:emergence stage of seedlings; 2:two leaf stage; 4: four leaf stage.

表 5. 玉米幼苗之株齡,乾物累積重與銨同化酵素間之相關係數

Table 5. The correlation coefficients between plant stage, dry weight accumulation, and ammonium assimilation enzyme activities of maize seedling

Trait	Plant stage	GS activity	GDH activity	GOGAT activity	Protein content	Shoot dry weight	Root dry weight	Total dry weight
GS activity	0.581**[z]							
GDH activity	-0.379*	0.029						
GOGAT activity	-0.119	0.231	0.319					
Protein content	-0.387*	0.130	0.468**	0.066				
Shoot dry weight	0.760**	0.097	-0.123	0.073	-0.483**			
Root dry weight	0.751**	0.094	-0.208	0.133	-0.475**	0.962**		
Total dry weight	0.760**	0.095	-0.145	0.079	-0.482**	0.998**	0.974**	
Shoot/root ratio	0.612**	0.037	-0.187	-0.287	-0.343	0.410*	0.257	0.389*

[z] *,** Significant at 0.05 and 0.01 probability level, respectively, based on correlation coefficients analysis.

討　　論

前人的研究顯示高濃度的 NH_4^+會造成玉米幼苗生長量減少及毒害作用，可能與根系周圍的酸化，減少根系對水分的吸收量和碳水化合的貯藏量(Givan 1979；Matsumoto *et al.* 1971；Salsac *et al.* 1987；Veening & Kleinendorst 1985)或 NH_4^+阻礙呼吸作用中電子之傳遞所致(Vines & Weddling1960；Weeding & Vines 1959)。而 Handa 等學者(1985)研究指出玉米生長時期不同，其接受 NH_4^+濃度的極限量及最適量也不同，相對的其生長速率也有所差異。本試驗以不同株齡之玉米自交系及雜交種爲材料，經 50 mM NH_4^+處理 18 天後，發現幼苗之地上部、根部和整株乾物累積重呈現隨著株齡的增大而增重(r**)，即表示玉米幼苗當株齡越大時，其所能容忍 NH_4^+的濃度越高，相對的其營養生長量越高；同時亦發現 GS 活性的大小亦呈現隨株齡的增大而增高之趨勢。由相關分析之結果，亦顯示株齡與 GS 活性的大小爲正相關；但株齡與 GDH 活性和蛋白質含量間則呈現負相關性，即表示隨株齡期之增大其 GDH 活性和蛋白質含量爲遞減之趨勢。可能因株齡越大時，對銨之耐性增強，相對的 GDH 的催化合成之作用重要性漸減，故其活性及含量也漸少，相對的植株中的蛋白質含量也較少。

玉米幼苗對 NH_4^+-N 濃度的容忍極限爲 10 mM (Xu *et al.* 1992)，因此當玉米自交系生長於 10～40 mM NH_4^+濃度內，其幼苗之地上部乾物重、根部乾物重及整株總物重之表現，在大部分基因型皆呈現相類似的生長反應，即隨著 NH_4^+濃度的增高，其乾物質的生長量呈下降之趨勢(Wu *et al.* 1998)。主要係由於高於容忍極限濃度的 NH_4^+-N 會對玉米幼苗產生毒害，此時根部須利用大量的碳水化合物使 NH_4^+-N 經銨同化酵素的催化轉變還原成無毒的有機態氮化合物，導致其營養生長量呈現較低之現象(Raven & Smith 1976)。但不同的基因型在高 NH_4^+濃度下，其對銨之耐性也有所不同(Wu *et al.* 1998)，本試驗在 50 mM NH_4^+濃度下，連續澆灌 18 天後，亦發現不同的基因型間其幼苗之地上部、根部及整株乾物累積重的表現有明顯的差異存在，與前人之結果相吻合。所使用的材料中以 TA85-17 ×H95 生長累積量最大，其次爲 A661，相對的其 GS 的活性也較高，分別爲 0.0864 和 0.0801 μmole/min/g fw；而乾物質生長累積量最小的爲自交系 ICAL210 及 TA85-17，其 GS 的活性相對的也較小。

玉米根系吸收 NH_4^+-N 後，須藉由 glutamate synthase(GOGAT)、glutamine synthetase(GS)和 glutamate dehydrogenase(GDH)等酵素的催化完成 NH_4^+的同化作用以合成有機態的氮化合物(例如氨基酸、蛋白質)。本研究由各性狀間之相關分析顯示 GS、GDH 和 GOGAT 的活性三者之間並無相關連性存在；同時 GS、GDH、和 GOGAT 與幼苗乾物重間亦無相關性存在，亦即無法由單一銨同化酵素活性的高低來推測玉米幼苗其耐銨性程度，此結果與 Wu 等學者(1998)結論相符，顯示玉米幼苗耐銨性的表現受著複雜的基因系統共同控制。而 GDH 活性的大小與蛋白質含量間呈極顯著正相關，表示高銨濃度下玉米根中蛋白質含量的增加可能係由於 GDH 酵素大量形成所致 (Magalhase & Huber 1991)。而蛋白質含量與乾物重間之極顯著負相關，亦可能係植株爲了解除高銨濃度的毒害，將光合作用所合成的碳水化合物大部分用於合成銨同化酵素及銨同化作用合成無害有機態的氮化合物(例如氨基酸、蛋白質)，致碳水化合物的乾物重累積量相對減少。

引用文獻

Anderson, J., and J., Done. 1977. A polarographic study of ammonia assimilation by isolated chloroplasts. Plant Physiol. 60:504-508.

Bradford, M. N. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein dye-binding. Anal. Biochem. 72:248-254.

Dougall, D. K. 1974. Evidence for the presence of glutamate synthase in carrot cell cultures. Biochem. Biophys. Res. Commum. 58:639-646.

Friedrich, J. W., and L. E. Schrader. 1979. N deprivation in maize during grain filling. II. Remobilization of ^{15}N and ^{35}S and the relationship between N and S accumulation. Agron. J. 71:465-472.

Friedrich, J. W., L. E. Schrader, and E. V. Nordheim. 1979. N deprivation in maize during grain filling. I. Accumulation of dry matter, nitrate-N and sulfate-S. Agron. J. 71: 461-465.

Givan, C. Y. 1979. Metabolic detoxification of ammonia in tissues of higher plants. Phytochemistry 18:375-382.

Handa. S., H. L. Warren, D. M. Huber, and C. Y. Tsai. 1984. Nitrogen nutrition and seedling development of normal and opaque-2 maize genotypes. Can. J. Plant Sci. 64:885-894.

Handa, S., D. M. Huber, H. L. Warren, and C. Y. Tsai. 1985. Nitrogen nutrition and N-assimilation in maize seedlings. Can. J. Plant Sci. 65:87-93.

Kanomori, T., and H. Matsumoto. 1972. Glutamine synthetase from rice plant roots. Arch. Biochem. Biophys. 125:440-442.

Magalhase, J. R., and D. M. Huber. 1991. Response of ammonium assimilation enzymes to nitrogen form treatments in different plant species. J. Plant Nutr. 14:175-185.

Matsumoto, H., N. Wakiuchi, and E. Takahashi. 1971. Changes of some mitochondrial enzyme activities of cucumber leaves during ammonium toxicity. Physiol. Plant. 25:353-357.

Pan, W. L., E. J. Kamprath, R. H. Moll, and W. A. Jackson. 1984. Prolificacy in corn: its effects on nitrate and ammonium uptake and utilization. Soil Sci. Soc. Am. J. 48:1101-1106.

Raven, J. A., and F. A. Smith. 1976. Nitrogen assimilation and transport in vascular land plant in relation to intracellular pH regulation. New Phytol. 76:415-431.

Reisenauer, H. M. 1978. Absorption and utilization of ammonium nitrogen by plants. P:157-189. In: Nitrogen in the Environment. (Nielsen, D. R., and J. G. MacDonald eds.). Academic Press, New York.

Salsac, L., S. Chaillou, J.-F. Morot-Gaudry, C. Lesait, and E. Jolivet. 1987. Nitrate and ammonium nutrition in plants. Plant Physiol. Biochem. (Paris) 25:805-812.

Schrader, L. E., D. Domska, P. E. Jung, Jr., and L. A. Peterson. 1972. Uptake and assimilation of ammonium-N and nitrate-N and their influence on the growth of corn (*zea mays* L.). Agron. J. 64:690-695.

Tills, A. R., and B. J. Alloway. 1981. The effect of ammonium and nitrate nitrogen source on copper uptake and amino acid status of cereals. Plant and Soil 62:279-290.

Veen, B. W., and A. Kleinendorst. 1985. Nitrate accumulation and osmotic regulation in Italian ryegrass (*Lolium multiforum* Lam.). J. Exp. Bot. 36:211-218.

Vines, H. M., and R. T. Wedding. 1960. Some effects of ammonia on plant metabolism and a possible mechanism for ammonia toxicity. Plant Physiol. 35:820-825.

Wallace, W. 1973. The distribution and characteristics of nitrate reductase and glutamate dehydrogenase in maize seedlings. Plant Physiol. 52:191-196.

Wedding, R. T., and H. M. Vines. 1959. Inhibition of reduced diphospyridine nucleotide oxidation by ammonia. Nature 184:1226-1227.

Wu, H. R., G. J. Shieh, H. S. Lu, and C. Y. Tsai. 1998. Genotypic variations of maize seedlings in utilizing ammonium nutrition. Taiwania 43(4):261-272.

Xu, Q. F., C. L. Tsai, and C. Y. Tsai. 1992. Interaction of potassium with the form and amount of nitrogen nutrition on growth and nitrogen uptake of maize. J. Plant Nutr. 15:23-33.

Relationships between Ammonium Assimilation Enzyme Activities and Dry Weight Accumulation of Maize Seedling [1]

Guang-Jauh Shieh[2,5], Wen-Long Tsaur[2], Huey-Ru Wu[3]
and Hung-Shung Lu[4]

Summary

Shieh, G. J., W. L. Tsaur, H. R. Wu, and H. S. Lu. 2003. Relationships between ammonium assimilation enzyme activities and dry weight accumulation of maize seedling. J. Agric. Res. China 52:238-246.

To evaluate the relationships between ammonium assimilation enzyme activity and dry weight accumulation in maize seedling, seedlings of 4 inbred lines and 4 hybrids were grown in sand culture and supplemented with 50 mM NH_4^+ concentration at different plant stages in green house. Seedling harvested at 18 days after supplemented ammonium-nitrogen (NH_4^+-N) and determined for gross differences in dry mass and ammonium assimilation enzyme activities. The results revealed that the plant stage, genotype and genotype x plant stage interaction were significantly different for all traits in maize seedling. The GS (glutamine synthetase) activity, shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root were up follow by plant stages increasing. The TA85-17 x H95 has largest total dry weight accumulation, next by the A661 and the ICAL210 and TA85-17 has smaller total dry weight accumulation. The correlation analysis indicated that there has positive correlation between plant stages and GS activity, shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root in maize seedling. But there has negative correlation between plant stages and GDH (glutamate dehydrogenase) activity, protein content. Besides, the enzymatic activities of GS, GDH, and GOGAT (glutamate Synthase) and the increase of biomass in different genotypes of maize did not show any correlation relationship. Also there were non- correlation between ammonium assimilation enzymes activities and dry weight accumulation in maize seedling. The protein content and the GDH activity had positive correlation. But the protein content between shoot dry weight accumulation, root dry weight accumulation, total dry weight accumulation, and the ratio of shoot/root had negative correlation.

Key word : Maize, Ammonium (NH_4^+), Seedling dry weight accumulation, Ammonium assimilation enzyme, Correlation.

---

1. Contribution No.2166 from Agricultural Research Institute, Council of Agriculture. Accepted : July 24, 2003.
2. Associate Agronomist and Assistant Agronomist, Agronomy Division, ARI. Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
3. Assistant Department of Botany, National Taiwan University, Taipei. Taiwan, ROC.
4. Former Senior Agronomy, ARI. The Director of Miaoli DAIS, present. Miaoli, Taiwan, ROC.
5. Corresponding author, e- mail:x486045@wufeng. tari. gov. tw ; Fax:(04)23302806.